

SCHULVERSUCH MIT EINEM ALGEBRATAUGLICHEN TASCHENCOMPUTER

Das klassische Einsatzgebiet des Taschenrechners und Computers in der Schule – aber nicht nur dort – war bisher das numerische Rechnen. Da die Mathematik schon immer von den zur Verfügung stehenden Rechenhilfsmitteln stark beeinflußt war, versuchte man der Mathematik – auch der Schulmathematik – eine computergerechtere Form zu geben, indem man numerische Methoden stark in den Vordergrund stellte.

Nun bemüht man sich aber besonders in den letzten 15 Jahren mit Erfolg, dem Computer mathematikgerechteres Arbeiten beizubringen. Bahnbrechend war unter anderem die Implementierung von muMATH durch D. R. Stoutemyer etwa 1980. Der Computer kann nun auch im Bereich der symbolischen Mathematik verwendet werden.

Inzwischen hat die Computer Algebra schon einen ungeheuren Aufschwung genommen. Wurden beim internationalen Kongreß für Computer Algebra 1985 in Linz CA-Systeme auf PC's vorgestellt, kam weniger als zwei Jahre später in Österreich der erste algebrataugliche Taschencomputer auf den Markt: der HP-28C.

Mir war von Anfang an klar, daß dieses Gerät, wenn es jeder Schüler in der Schule, zu Hause und auch in der Prüfungssituation einsetzen könnte, viel weitreichendere Auswirkungen auf den Mathematikunterricht haben würde als die PC's, die aus organisatorischen Gründen eher sporadisch im Mathematikunterricht eingesetzt werden.

Ich reichte daher im Juni 1987 einen Antrag für einen Unterrichtsversuch mit dem HP-28C beim Bundesministerium für Unterricht ein. Diesem Antrag wurde stattgegeben. Es wurden Geldmittel für den Ankauf von 20 Rechnern und 5 Druckern bewilligt. Im Schuljahr 1987/88 begann der Unterrichtsversuch mit der 6. Klasse des Realgymnasiums in Stockerau. Die Untersuchung soll bis zur Matura dieser Klasse im Jahr 1990 dauern. In diesem Kapitel soll ein erster Zwischenbericht gegeben werden.

ZIELE DES UNTERRICHTSVERSUCHES

- (1) Es soll die Bedeutung des Computers als Rechenhilfsmittel untersucht werden und zwar auch beim Rechnen mit Variablen:
- Termumformungen
 - Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen
 - Rechnen mit Vektoren und Matrizen
 - Erstellen von Wertetabellen
 - Berechnen von Nullstellen
 - symbolisches Differenzieren

- symbolisches und numerisches Integrieren
- (2) Es sollen die Möglichkeiten untersucht werden, die sich aus der Fähigkeit des Computers ergeben, Graphen zu zeichnen.
- (3) Es sollen die Hilfestellungen untersucht werden, die der Computer beim Problemlösen bieten kann.
- (4) Es soll untersucht werden, inwieweit sich aus der Arbeit mit dem Computer Motivationen ergeben, sich mehr mit dem Begründen und Beweisen zu beschäftigen.
- (5) Es soll die Auswirkung auf Begriffsbildungsprozesse untersucht werden.
- (6) Es sollen Möglichkeiten untersucht werden, die sich aus der Programmierfähigkeit ergeben, insbesondere das Erstellen rekursiver Programme.
- (7) Es sollen die Auswirkungen auf die Leistungsbeurteilung untersucht werden.
- (8) Es sollen die Auswirkungen auf die Arbeit des Lehrers untersucht werden.
- (9) Es sollen die Auswirkungen im affektiven und im sozialen Bereich untersucht werden.

THESEN (ERWARTUNGEN)

- (1) Die Möglichkeit, den Computer auch zu Hause und bei Prüfungen zu verwenden, wird die Schüler wesentlich mehr motivieren, sich mit dem Gerät zu beschäftigen als mit dem PC im EDV-Raum, der nur sporadisch eingesetzt werden kann und daher in der Prüfungssituation und als Rechenhilfe keine Bedeutung hat. Die Schüler werden daher eher bereit sein, die für die Übung der Bedienungsfertigkeit nötige Zeit aufzubringen.
- (2) Der Computer bietet beim Rechnen mit Variablen ähnlich wie der Taschenrechner im numerischen Bereich Hilfestellung für schwächere Schüler, die beim Termumformen, Gleichungslösen usw. Probleme haben und leistet dadurch einen Beitrag zum positiven Abschluß der Klasse.
- (3) Der Computer ermöglicht guten Schülern, die den Erfolg ihrer Arbeit oft nur durch Rechenfehler geschmälert haben, sehr gute Leistungen zu erbringen.
- (4) Die durch die Unterstützung des Rechners im Bereich des Operierens frei werdende Kapazität kann von den Schülern im Bereich des Darstellens und Interpretierens mathematischer Modelle genutzt werden. Zeitraubende

Übungen von Rechenfertigkeiten können auf ein für das Verständnis der Prozesse notwendiges Maß reduziert werden.

- (5) Die Möglichkeit, Graphen zu zeichnen, kann einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis funktionaler Zusammenhänge leisten.
Die Möglichkeit, durch Cursorsteuerung jeden Punkt im Display anzusteuern und zu digitalisieren (d. h. seine Koordinaten zu bestimmen), ist ein wichtiger Beitrag für heuristisches, experimentelles Arbeiten (z. B.: Vermutungen über Nullstellen, Extrema usw.)
- (6) Die Möglichkeit, Programme zu schreiben bietet dem Schüler die Chance, modular zu arbeiten: Er kann gewisse Programmmodule, die bei Problemlöseprozessen eines Kapitels immer wieder verwendet werden können, vorbereiten (z. B.: Programme zur Auflösung von Dreiecken mit Sinus- und Cosinussatz; Programme für Schnittprobleme in der analytischen Geometrie usw.)
Dadurch kann beim Problemlösen - insbesondere bei Schularbeiten - Zeit und Energie gespart werden. Der Schüler kann sich auf das Interpretieren des Modells konzentrieren. Er lernt damit auch eine wesentlich praxisnähere Arbeitsmethode kennen (Siehe: Arbeitsweise eines Vermessungstechnikers)
- (7) Die Möglichkeit, rekursive Programme zu schreiben, eröffnet die Behandlung einer Fülle von Problemen, die bisher einer Bearbeitung wegen der Schwierigkeit der mathematischen Instrumente nicht zugänglich war.
- (8) Das Entwerfen der Programme, die Überprüfung der Rechnerergebnisse werden Schüler zum Hinterfragen, Begründen und Beweisen mathematischer Prozesse veranlassen.
Dieses Hinterfragen sowie die Möglichkeiten im Bereich des rekursiven Programmierens werden den Begriffsbildungsprozeß beim Schüler fördern.
- (9) Bei gleichbleibenden Anforderungen wie bisher werden die Leistungen der Schüler wegen der Unterstützung im Bereich der Rechenfertigkeiten und wegen der Zeitersparnis durch das Verwenden von Programmen besser werden.
- (10) Der größere Erfolg sowie die Hinterfragung mathematischer Prozesse und die größere Praxisnähe werden mehr Interesse und mehr Freude am Treiben von Mathematik bringen.
- (11) Der Einsatz des Computers wird einen wesentlichen Beitrag auf dem Gebiet des sozialen Lernens leisten (Günstige Arbeitsformen: Partner- und Gruppenarbeit. Austausch von Programmmodulen, Daten usw.).
- (12) Der Computer wird für den Lehrer bei der Vorbereitung

des Unterrichts sowie bei der Korrektur von Prüfungsarbeiten eine große Hilfe sein.

Interessant wäre nun die ausführliche Schilderung der behandelten Themenkreise und des Schülerverhaltens. Im Vortrag habe ich versucht, einige Beispiele zu geben. Aber das würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen. Ich möchte daher eine

GEGENÜBERSTELLUNG VON ERWARTUNGEN UND ERGEBNISSEN

versuchen:

Zu Thesen 1 und 2:

Nur die guten Schüler und zwei computerinteressierte schwächere Schüler waren bereit, sich intensiv mit dem Gerät zu beschäftigen. Die Mehrheit der schwächeren Schüler befaßte sich mit dem Gerät zu wenig und erlangte damit nie die Fertigkeiten, die nötig sind, um die Vorteile des Rechners ausreichend nützen zu können.

Damit bot aber der Rechner gerade den schwächeren Schülern nicht jene Hilfe, die sie wegen ihrer Rechenschwäche notwendig hätten (Ausnahmen: Algebraischer Eingabemodus, Belegung von Termen, skalares und vektorielles Produkt, Umwandlung von kartesischen Koordinaten in Polarkoordinaten, Lösen von Gleichungssystemen).

Zu These 3:

Bei den guten Schülern wurden die Erwartungen voll erfüllt, und was die Kreativität anlangt, zum Teil übertroffen (Siehe Schularbeitskopien: Die Programme wurden vollkommen selbständig entwickelt).

Zu Thesen 4 und 8:

Die Möglichkeiten des Rechners können für mehr anwendungsorientierte Aufgaben genutzt werden (z.B. Rechnen mit Matrizen, Lösen von Gleichungssystemen, rekursive Darstellungen, usw.)

Allzuviel hat sich für meine Schüler im Vergleich zur 5. Klasse nicht geändert, da ich auch ohne Verwendung dieses Rechners besonderen Wert auf die Ausgewogenheit der drei Phasen: DARSTELLEN - OPERIEREN - INTERPRETIEREN gelegt habe. Doch es konnte bei einigen Anwendungsaufgaben mühsame Rechenarbeit gespart werden, bzw. konnte man in der Klasse am Rechner Probleme behandeln, die ansonsten nur im EDV-Raum am PC zu behandeln gewesen wären.

Auch wenn auf diesem Rechner das Programmieren für geübte Schüler relativ einfach ist, war für solche Aktivitäten der Zeitaufwand relativ groß. Ohne die Stunden des Freifaches wären wir auf diesem Gebiet nicht sehr weit gekommen.

Besonderes Interesse - aber eher bei guten Schülern - war immer dann zu beobachten, wenn der Rechner

Überraschende Ergebnisse lieferte oder ein Problem mit dem Rechner nicht lösbar war. Gerade die Schwächen des Rechners (etwa der geringe Speicherplatz oder die Probleme beim Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen) veranlaßten manche Schüler zu eigenständigem Arbeiten und zum Hinterfragen des mathematischen Prozesses.

Zu These 5:

Die meisten Möglichkeiten des PLOT-Menüs werden erst in der 7. Klasse (Differentialrechnung) interessant. In der 6. Klasse bewährte sich diese Möglichkeit bei der Untersuchung der Änderung eines Parameters in einer Funktionsgleichung. In diesem Bereich ist allerdings ein PC mit Farbgraphik und einem guten Graphikprogramm dem HP-28C vorzuziehen. Der besondere Vorteil dieses Rechners lag darin, daß die Schüler den Rechner auch zu Hause hatten und daher solche Untersuchungsaufträge auch als Hausübung gegeben werden konnten.

Zu These 9:

Die Erwartungen bei den Schülerleistungen haben sich nicht erfüllt. Die Leistungen sind etwa gleich geblieben (Ausnahme: Ein computerinteressierter schwacher Schüler, dessen Note in der 5. Klasse zwischen 4 und 5 lag, hat sich soweit verbessert, daß er ein gut abgesichertes Genügend hat.)

Zu These 10:

Diese Erwartung hat sich bei jenen guten Schülern (etwa 3) erfüllt, die sich intensiv mit dem Rechner beschäftigten. Leider hatte ich wegen der Probleme der schwächeren Schüler oft nicht genügend Zeit, auf die Probleme dieser Schüler einzugehen, beziehungsweise ihnen zuzuhören, denn sie brauchten meist gar keine Hilfe, sondern wollten nur ihre Lösungen dem Lehrer vorstellen.

Es zeigte sich, daß wir Lehrer in unseren pädagogischen Bemühungen eher geneigt sind, uns darum zu kümmern schwache Schüler an ein Mittelmaß heranzuführen und der irrigen Meinung sind, daß die guten Schüler sich - intrinsisch motiviert - von selbst weiterentwickeln. Dieser Versuch hat einerseits gezeigt, zu welcher phantastischen Leistungen gute Schüler fähig sein können, wenn sie mit für sie sinnvollen Aufgaben entsprechend gefordert werden, er hat aber auch gezeigt, daß wir uns um diese Schülergruppe mehr als bisher kümmern müssen, daß wir uns verstärkt um eine innere Differenzierung unseres Unterrichtes bemühen müssen, die einerseits die Möglichkeit gibt, schwache Schüler zu fördern, andererseits aber auch Raum läßt, die guten zu fordern.

Zu These 12:

Die Erwartungen haben sich voll erfüllt (z.B.: Testen von selbst entwickelten Aufgaben mit verschiedenen Eingabeparametern, Überprüfen von falschen Aufgaben bei Schularbeiten usw.)

RESUMEE

Dieser Rechner ist meiner Meinung nach noch nicht geeignet in der Schule eingeführt zu werden, da er nicht schülerfreundlich genug ist und im algebraischen Bereich noch nicht perfekt genug ist und doch hat dieser Versuch viele interessante Aufschlüsse für die Zukunft geliefert. Denn daß solche Systeme in der Schule Einzug finden werden, ist für mich gewiß. Bis dorthin sollten solche Versuche die Möglichkeit bieten, entsprechende Begleitmaßnahmen für den Einsatz solcher Maschinen zu planen:

- (1) Maßnahmen vor dem Einsatz eines solchen Rechners in der Unterstufe im Bereich des Rechnens mit Variablen. So wie man vor dem Einsatz eines numerischen Taschenrechners gerade das Kopfrechnen und Schätzen forcieren soll, wird man sich vor dem Einsatz eines algebrafähigen Systems spezielle Übungen im Bereich des Variablenrechnens überlegen müssen. Auf diesem Gebiet sind meiner Meinung nach noch intensive Forschungen nötig. Ein erstes Ergebnis meiner Untersuchungen ist die verstärkte Notwendigkeit von Strukturerkennungsübungen - als Äquivalent zum numerischen Schätzen - , wenn der Benutzer nicht hilflos den Rechnerergebnissen ausgeliefert sein soll. Diese Notwendigkeit hat sich vor allem dann gezeigt, wenn das Rechnerergebnis nicht mit dem vom Schüler erwarteten Ergebnis übereingestimmt hat.
- (2) Begleitende Maßnahmen
Mehr Hinterfragen, mehr Begründen, mehr Untersuchen der Auswirkungen einzelner Parameter auf das Ergebnis. Mehr Hinführen zum modularen Arbeiten. Mehr heuristisches, experimentelles Arbeiten.
- (3) Bisher lag der Schwerpunkt bei den drei Phasen des mathematischen Tuns - dem DARSTELLEN, dem OPERIEREN und dem INTERPRETIEREN - in der Schulmathematik eindeutig bei der Phase des Operierens. Der Rechneinsatz wird die Möglichkeit bieten, die Gewichtung gleichmäßiger zu verteilen. Auf keinen Fall darf man aber glauben, daß die Rechneranwendung die Phase des Operierens und somit das Beherrschen sinnvoller Rechenfertigkeiten überflüssig macht.